

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**Г.О. Петченко, Ю.О. Васильєва, О.М. Ляшенко**

# **ТЕХНОЛОГІЯ СВІТЛОТЕХНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт**

(для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання  
спец. 6.090600 “Світлотехніка і джерела світла”)



Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Технологія світлотехнічного виробництва» (для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання спец. 6.090600 –“Світлотехніка і джерела світла”). /Укл. Петченко Г.О., Васильєва Ю.О., Ляшенко О.М.- Харків: ХНАМГ, 2008. – 24 с.

Укладачі: к.ф.-м.н., доц. Г.О. Петченко,  
к.т.н. Ю.О. Васильєва,  
О.М. Ляшенко

Рецензент: к.т.н., доц. Є.П. Тимофєєв

Рекомендовано кафедрою світлотехніки і джерел світла,  
протокол № 10 від 6.05. 2008 р.

## З М І С Т

	стор.
<b>ВСТУП.....</b>	<b>4</b>
<b>Лабораторна робота № 1. СКЛАДАННЯ КАРТ РОЗКРОЮ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК І ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛУ.....</b>	<b>5</b>
<b>Лабораторна робота № 2. ПОБУДОВА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ СКЛАДАННЯ СП.....</b>	<b>8</b>
<b>Лабораторна робота № 3. ПОБУДОВА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВИГОТОВЛЕННЯ СП.....</b>	<b>12</b>
<b>Лабораторна робота № 4 ПОБУДОВА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛА.....</b>	<b>14</b>

## **Вступ**

Курс “Технологія світлотехнічного виробництва” викладається студентам 4 курсу денної і заочної форм навчання спеціальності 6.090600 “Світлотехніка та джерела світла”.

Цей курс відноситься до напрямку розробки й конструювання світлових приладів і висвітлює сутність виробничих методик виготовлення конструктивних елементів СП, розповсюджених на світлотехнічних підприємствах.

Вказівки містять необхідний мінімум інформації, якою має оволодіти студент для виконання лабораторних робіт, завдання для їх виконання і контрольні запитання по кожній роботі.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

## СКЛАДАННЯ КАРТ РОЗКРОЮ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК І ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛУ

**Мета роботи:** набуття навичок підготовки матеріалу до заготівельних операцій.

### Обладнання:

- Ножиці, картон;
- Джерело і приймач випромінювання;
- Діафрагма з пристроєм для закріплення шаблонів деталей.

### Основні положення про розкрій матеріалу

Для розкрою листових заготовок використовують гільйотинні ножиці. Їх конструкція загальновідома, тому наводити відповідний рисунок немає потреби. Достатньо нагадати, що вони складаються із станини, на якій вмонтований нижній нерухомий ніж, і верхнього ножа, дещо відхиленого на незначний кут стосовно нижнього (для зменшення зусиль різання). Гільйотинні ножиці обмежені в плані товщини заготовки. Розрахунок максимальної товщини листа заготовки, що є допустимою для різання такими ножицями, здійснюють за емпіричною формулою

$$S = S_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{cp}}{\sigma'_{cp}}}, \quad (1)$$

де  $S$  – максимальна товщина матеріалу, що підлягає різанню, за паспортом гільйотинних ножиць;

$\sigma_{cp}$  - опір зрізу за паспортом ножиць;

$\sigma'_{cp}$  - опір зрізу для даного матеріалу.

Допустимі відхилення на ширину заготовок (що залежать від товщини листа і ширини заготовки) наведені в табл.1.

**Таблиця 1 - Допуски на ширину смуг заготовок**

Товщина матеріалу, мм	Ширина смуги стрічки, мм				
	До 50	50-100	100-200	200-300	> 300
< 0,5	0,25	0,5	0,75	1	1
0,5-1	0,5	0,75	1	1	1
2	0,75	0,75	1	1,25	1,5
3	1	1	1,25	1,5	1,5
4	1	1,25	1,5	1,5	2
5	1	1,25	1,5	1,5	2

Розмір і конфігурація заготовок, що відрізаються ножицями, залежать від подальшої технології виготовлення деталі. Найчастіше такі заготовки призначені для подальшої холодної штамповки. Перед штамповкою складають карти розкрою матеріалу. При цьому застосовують графічне моделювання – з щільного паперу вирізають макети деталей, намагаючись розташувати їх на смузі матеріалу найбільш раціонально, мінімізуючи витрати матеріалу. Є кілька правил раціонального розкрою. По-перше, деталі на смузі треба розташовувати таким чином, щоб ширина смуги була максимальною, а відстань між деталями – мінімальною. По-друге, ширина смуги має бути рівною чи кратною ширині листа, з якого вона вирізається. Іноді, коли форма деталі не зручна для щільного впорядкування (наприклад, сферична), деталі групують на карті розкрою в кілька рядків на смузі. На рис.1 наведено різні варіанти розкрою матеріалу. Як можна побачити, варіанти а) і б) демонструють вплив складної конфігурації деталі на зменшення ефективності розкрою, варіанти в) показують максимальне зменшення витрат матеріалу внаслідок вибору простої форми заготовки.

Для визначення якості розкрою зручно застосовувати так званий коефіцієнт використання матеріалу:

$$F = (m \cdot n) / M,$$

де  $m$  – маса деталі, що вирізається;  $n$  – число деталей у смузі;  $M$  – маса смуги. Ознакою доброго розкрою є близькість вказаного коефіцієнта до одиниці.

Коли вважати, що заготовка є однорідною, у наведеній формулі маси можна наближено замінити на площі.

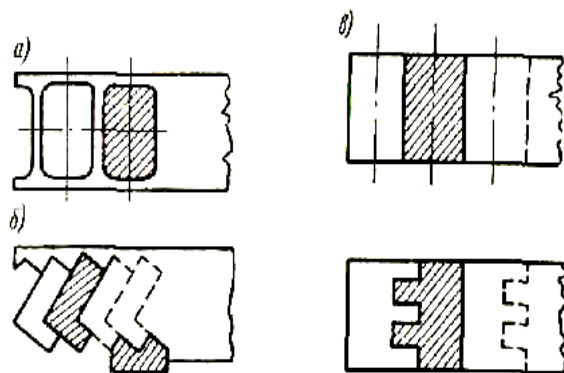


Рис.1- Розкрій матеріалу

### Порядок виконання роботи:

1. Одержати у викладача форму майбутньої заготовки.
2. Зробити шаблон заготовки на папері формату А4 таким чином, щоб витрати матеріалу були мінімальні.
3. Визначити площу деталі фотометричним способом. Для цього виміряти сигнал від джерела на приймачі при його обмеженні еталонною діафрагмою (з відомою площею) і сигнал від джерела при установленні в діафрагму шаблону заготовки. Площу шаблону визначити пропорцією.
4. Розрахувати коефіцієнт використання матеріалу. Зробити висновок про виконаний розкрій.
5. Оформити звіт.

### ЗАПИТАННЯ:

1. Сформулювати принципи оптимального розкрою матеріалу.
2. Визначення довільної площі фотометричним способом.
3. Як залежать допуски на розкрій матеріалу від товщини й ширини смуги листового матеріалу?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2**

### **ПОБУДОВА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ СКЛАДАННЯ СП**

**Мета роботи:** Вивчення студентами принципів побудови технологічних схем складання СП

#### **Обладнання:**

- Світильники з різними джерелами світла і різного призначення (5 шт).
- викрутка;
- плоскогубці;
- стіл;
- лінійка.

#### **Основні положення про складання технологічних схем**

Якщо операції виготовлення елементів СП у світлотехнічному виробництві займають приблизно 60% робочого часу на виконання всіх робіт, то інші 40% складають витрати часу на складання світильників, що включає в себе операції контролю і упаковки СП.

Складання є етапом виробництва, на якому елементи СП з'єднуються у готовий виріб. Контроль є комплексом заходів перевірки якості СП поелементно і в цілому, його експлуатаційних і технічних характеристик. Упаковка світильників є необхідною при їх зберіганні на складах і транспортуванні. Вироби розділяють на деталі, складальні одиниці, комплекси й комплекти. Деталь – це однорідний виріб, виготовлений без додаткових операцій складання. Складальна одиниця – це частина виробу, одержана складанням. Комплекс – це кілька виробів, не з'єднаних складанням, що призначені для виконання взаємозв'язаних експлуатаційних функцій. Комплект - це кілька виробів, не з'єднаних складанням, що мають спільні властивості допоміжного характеру.

При складанні використовують різні типи з'єднання. Вони бувають рухомі (одна деталь може обертатись навколо іншої) й нерухомі. Нерухомі розділяють на рознімні (гвинтове (різьба) й штифтові з'єднання, шліцові й



шпоночні з'єднання, пружинні затискачі, защіпки тощо й нерознімні (з'єднання заклепуванням, склеюванням, зваркою, пайкою, заливкою компаундами тощо). Іноді здійснення нерознімних з'єднань називають чорновим складанням, а рознімних з'єднань і електромонтажних робіт – чистовим. Чорнове складання виконують до нанесення лакофарбових покриттів, звичайно у допоміжних цехах. На рис. 2 і 3 схематично наведено інформацію про основні типи нерознімних з'єднань і інструменту, що використовується при здійсненні рознімних з'єднань. Найбільш розповсюдженим з'єднанням при виробництві СП є рознімне гвинтове з'єднання, а також з'єднання пайкою і зварюванням.

Типовий процес складання СП такий:

1. Комплектування і подання деталей на місце складання.
2. Заготовка проводів.
3. Складання патронів.
4. Складання СП.
5. Випробування СП.
6. Транспортування готових виробів.
7. Упаковка.

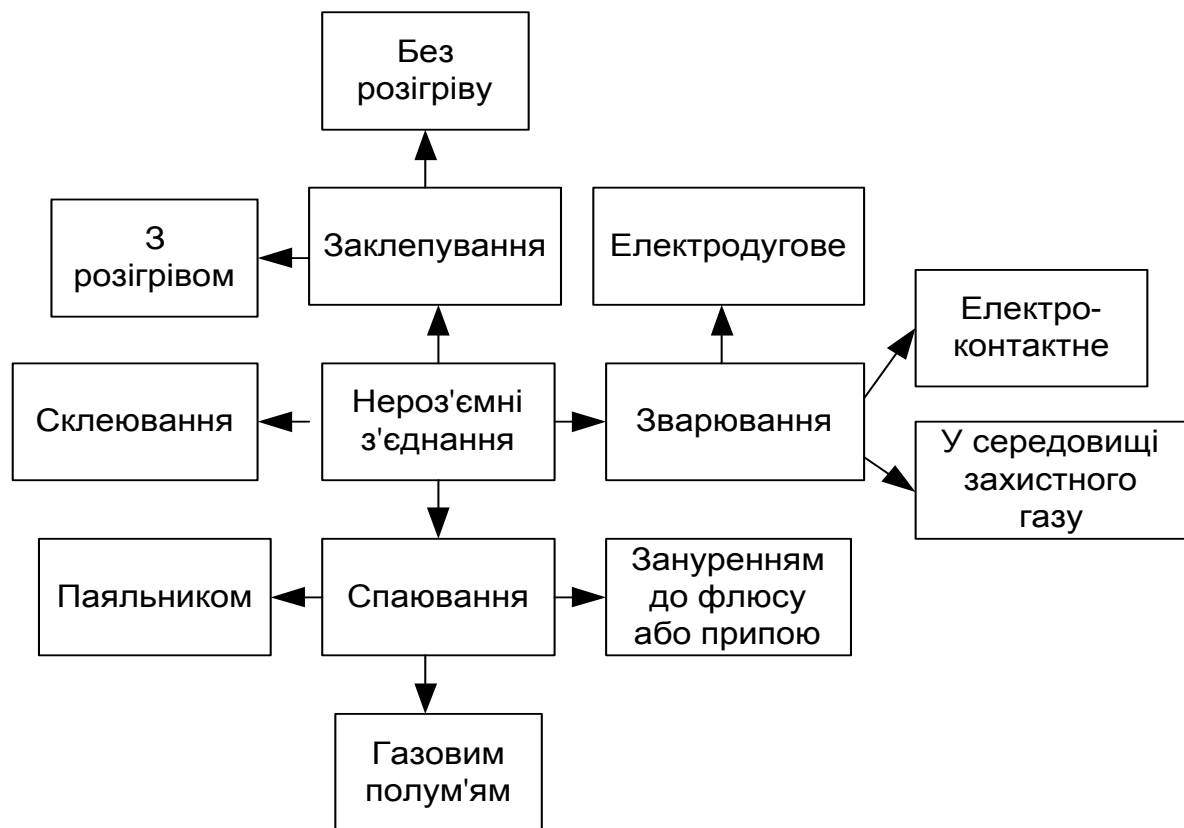


Рис.2 - Нероз'ємні з'єднання

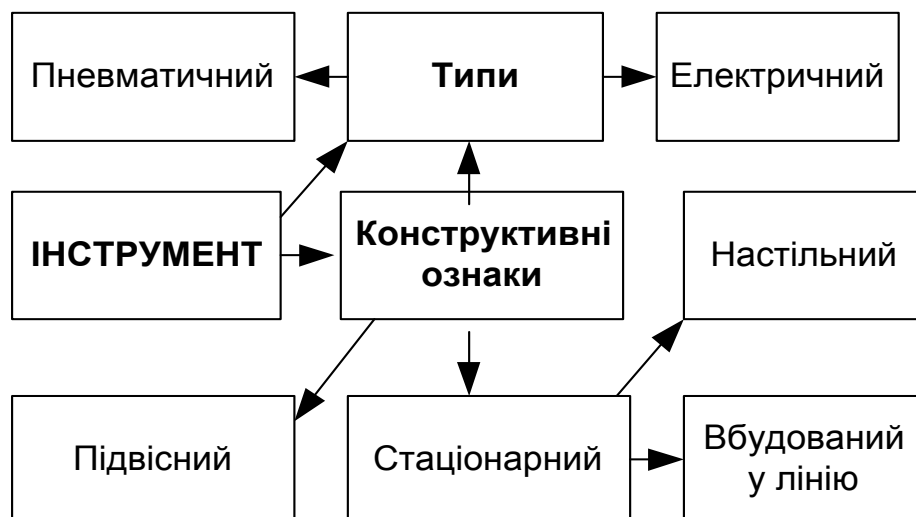


Рис. 3 - Інструмент для роз'ємних з'єднань

При виконанні цих робіт керуються робочою документацією. Такою є складальні й деталіровочні креслення, схеми технологічного процесу виготовлення і складання СП, технічне завдання на приймання і випробування виробів, виробнича програма складання; специфікація деталей і вузлів, що підлягають складанню. Креслення мають містити розміри елементів СП і допуски на їх виготовлення і обробку, чітку інформацію (проекції, розрізи) щодо взаємного розташування деталей, конструктивні зазори тощо. Технічні завдання на приймання і контроль виробів мають відповідати вимогам ЄСКД стосовно СП даного типу. Виробнича програма має висвітлювати інформацію стосовно типу й маси елементів СП та річного обсягу їх випуску. Специфікації на деталі і вузли показують, яка їх кількість необхідна для складання одного виробу, і номер цеху, в якому вони були виготовлені. При розробці технологічного процесу враховують характер робіт, що підлягають виконанню, і способи цього виконання (методологія, інструмент, устаткування), час на виготовлення одного виробу, кількість і кваліфікація працівників. Залежно від типу виробництва використовують складання як на основі максимальної концентрації операцій (всі операції виконують при можливості найменшою кількістю працівників (часто одним або невеликою бригадою) і на мінімальній виробничій площі (іноді на одному робочому місці), так і на основі їх максимального розчленування (складні операції розділено на елементарні і кожна виконується одним чи більшою кількістю працівників). Перший тип доцільно використовувати при експериментальному виробництві, другий є зручним для поточного – масового чи серійного виробництва.

### **Порядок виконання роботи:**

1. Одержати від викладача СП певного класу.
2. Розібрати СП на робочому столі, перерахувати всі вузли й деталі.
3. Визначити матеріал, з якого виготовлені основні конструктивні вузли СП.
4. Визначити технологічні методи одержання вказаних деталей.
5. Скласти креслення з технології складання даного світильника.
6. Оформити звіт.

### **ЗАПИТАННЯ:**

1. Для яких функцій застосовують світильник Вашого класу?
2. Які вимоги щодо конструктивних матеріалів для СП даного класу?
3. Які інші методи, крім тих, що зазначені на кресленнях, існують для виготовлення подібних деталей і вузлів з даного матеріалу?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3**

### **ПОБУДОВА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВИГОТОВЛЕННЯ СП**

**Мета роботи:** Вивчення студентами принципів побудови технологічних схем виготовлення СП

#### **Обладнання:**

- Світильники з різними джерелами світла і різного призначення (5 шт).
- викрутка;
- плоскогубці;
- стіл;
- лінійка.

#### **Основні положення про складання технологічних схем виготовлення елементів СП**

Технологічною схемою виготовлення даного конструктивного елемента є блок-схема, що охоплює послідовність усіх необхідних технологічних операцій для виготовлення даної номенклатурної одиниці. Наприклад, основні операції для виготовлення дзеркального круглосиметричного відбивача такі:

1. Вхідний контроль матеріалу.
2. Вибір обладнання для заготівельних операцій.
3. Складання карт розкрою і розкрій матеріалу.
4. Перевірка коефіцієнта використання матеріалу.
5. Виготовлення давильної оправки з урахуванням серійності виробництва.
6. Формоутворення заготовки на стані з давильною оправкою.
7. Контроль габаритних розмірів деталі.
8. Зняття подряпин шабером на зовнішній поверхні відбивача.
9. Виготовлення оправки для полірувальних операцій.
10. Визначення сорту абразиву при виготовленні абразивної пасти.
11. Полірування внутрішньої поверхні відбивача до виходу на даний клас шорсткості.

12. Захист внутрішньої поверхні.
13. Контроль світлотехнічних характеристик відбивача.
14. Контроль форми відбивача на абєрографі.
15. Вихідний контроль.

Практично кожна з вказаних операцій може бути розділена на кілька більш детальних, що повніше розкривають сутність виконуваної роботи. Блок-схема має складатися таким чином, щоб давала повне уявлення про алгоритм виготовлення даного елемента.

У результаті опрацювання студентами бригади технологічних процесів виготовлення окремих функціональних елементів СП, бригада накопичує інформацію про повний технологічний цикл виготовлення даного світильника.

#### **Порядок виконання роботи:**

1. Одержати від викладача СП певного класу.
2. Розібрати СП на робочому столі.
3. Кожному студенту бригади, який виконує лабораторну роботу, вибрати свій конструктивний елемент даного СП (наприклад, відбивач, корпус, розсіювач тощо) і скласти повну технологічну схему його виготовлення.
4. Скласти креслення з технології виготовлення даного конструктивного елемента.
5. Оформити звіт.

#### **ЗАПИТАННЯ:**

1. Описати й пояснити свою технологічну схему.
2. Визначити й описати обладнання, що використовується для виготовлення даного конструктивного елемента.
3. Описати й пояснити технологічні схеми інших співвиконавців з бригади.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### ПОБУДОВА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛА

**Мета роботи:** ознайомитися з основними положеннями технології виготовлення різних видів скла й розробити технологічну схему виготовлення певного виду промислового скла.

Основні положення технології виготовлення скла.

Хімічний склад скла.

«Звичайне скло»:

68-75% $\text{SiO}_2$	5-10% $\text{CaO}$
10-17% $\text{Na}_2\text{O}$	до 4% $\text{MgO}$
до 3% $\text{K}_2\text{O}$	1-4% $\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Виробництво скла складається з процесів: підготовки сировинних компонентів, отримання шихти, варки скла, охолодження скломаси, формування виробів, їх відпалу й обробки (термічної, хімічної, механічної). До головних компонентів відносять склоутворюючі речовини (природні, напр.  $\text{SiO}_2$ , і штучні, напр.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), що містять основні (лужні й лужноземельні) й кислотні оксиди. Головний компонент більшості промислових видів скла - кремнезем (кремнію двоокис), вміст якого в склі становить від 40 до 80% (за масою), а в кварцових і кварцодних – від 96 до 100%. У скловарінні звичайно як джерело кремнезему використовують кварцові скляні піски, які в разі потреби збагачують. Сировиною, що містить борний ангідрид, є борна кислота, бура і ін. Глинозем вводиться з польовими шпатами, нефеліном і т.д.; лужні оксиди - з кальцинованою содою і поташем; лужноземельні оксиди - з крейдою, доломітом і т.п. Допоміжні компоненти - з'єднання, що додають ту або іншу властивість, наприклад забарвлення, прискорення процес варива і т.д. Наприклад, з'єднання марганцю, кобальту, хрому, нікелю використовуються як фарбники, церію, неодіма, празеодіма, миш'яку, сурми - як знебарвлювачі й окислювачі, фтору, фосфору, олово, цирконію - як глушники (речовини, обумовлюючі інтенсивне розсіювання світла); як освітлювачі застосовують хлорид натрію, сульфат і нітрат амонія і ін. Всі компоненти перед варінням просівають, сушать, при необхідності подрібнюють, змішують до повністю однорідної порошкоподібної шихти, яку подають в скловарну піч.

Процес скловаріння умовно розділяють на декілька стадій: силікатоутворення, склоутворення, освітлювання, гомогенізація і охолодження ("студка").

При нагріванні шихти спочатку випаровується гігроскопічна і хімічно зв'язана вода. На стадії силікатоутворення відбувається термічне розкладання компонентів, реакції у твердій і рідкій фазі з утворенням силікатів, які спочатку є спікшимся конгломератом, що включає і компоненти, які не вступили в реакцію. У міру підвищення температури окремі силікати плавляться і, розчиняючись один в одному, утворюють непрозорий розплав, що містить значну кількість газів і частинки компонентів шихти. Стадія силікатоутворення завершується при 1100-1200 °С.

На стадії склоутворення розчиняються залишки шихти і видаляється піна - розплав стає прозорим; стадія поєднується з кінцевим етапом – силікатоутворення і протікає при температурі 1150-1200 °С. Власне склоутворенням називають процес розчинення залишкових зернин кварцу в силікатному розплаві, внаслідок чого утворюється відносно однорідна скломаса. У звичайному силікатному склі міститься близько 25% кремнезему, хімічно не зв'язаного в силікати (тільки таке скло виявляється придатним за своєю хімічною стійкістю для практичного. використання). Склоутворення протікає значно повільніше, ніж силікатоутворення, воно складає близько 90% від часу, витраченого на проварювання шихти і близько 30% від загальної тривалості скловаріння.

Звична скляна шихта містить близько 18% хімічно пов'язаних газів (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> та ін.). У процесі проварювання шихти ці гази в основному видаляються, проте частина їх залишається у скломасі, утворюючи крупні й дрібні пухирці.

На стадії освітлювання при тривалій витримці при температурі 1500-1600°C зменшується ступінь перенасичення скломаси газами, внаслідок чого пухирі великих розмірів піднімаються на поверхню скломаси, а малі розчиняються в ній. Для прискорення освітлювання в шихту вводять освітлювачі, які знижують поверхневе натягіння скломаси; скломаса переміщується спеціальними вогнетривкими мішалками або через неї пропускають стисле повітря чи інший газ.

Одночасно з освітлюванням йде гомогенізація - усереднювання скломаси по складу. Неоднорідність скломаси звичайно утворюється в результаті поганого перемішування компонентів шихти, високої в'язкості розплаву, сповільненості дифузійних процесів. Гомогенізації сприяють газові пухирці, що виділяються з скломаси, які перемішують неоднорідні мікроділянки і полегшують взаємну дифузію, вирівнюючи концентрацію розплаву.

Найінтенсивніше гомогенізація здійснюється при механічному перемішуванні (найбільше поширення ця операція набула у виробництві оптичного скла.).

Остання стадія скловаріння - охолодження скломаси ("студка") до в'язкості, необхідної для формування, що відповідає температурі 700-1000 °С. Головна вимога при "студці" - безперервне повільне зниження температури без зміни складу й тиску газового середовища; при порушенні сталої рівноваги газів утворюється так звана вторинна мошка (дрібні пухирці).

Процес отримання деяких видів скла відрізняється специфічними особливостями. Наприклад, плавка оптичного кварцового скла в електричних скловарильних печах ведеться спочатку у вакуумі, а в кінці плавки - в атмосфері інертних газів під тиском. Виробництво кожного типу скла визначається технологічною нормаллю.

Формування виробів з скломаси здійснюється механічним способом (плющенням, пресуванням, пресовидуванням, видуванням і т.д.) на склоформуючих машинах. Після формування виріб піддають термічній обробці (відпалу).

У результаті відпалу (витримки виробів при температурі, близькій до температури розм'якшення скла) і подальшого повільного охолодження відбувається релаксація напружень, що з'являються у склі при швидкому охолодженні. У результаті так званого загартовування у склі виникають залишкові напруги, що забезпечують його підвищену механічну міцність, термостійкість і специфічний (безпечний) характер руйнування порівняно із звичайним склом (загартовані типи скла застосовують для скління автомобілів, вагонів і т.п. цілей).

Скловарильна піч, призначена для варіння скла і його підготовки до формування ВСп шихта (сировинні компоненти) в процесі нагрівання (звичайно до 1500-1600 °С) проходить стадії силікатоутворення, взаємного розчинення силікатів і залишкового кремнезему, освітлювання (знегажування), а потім перетворюється на скломасу, придатну для формування виробів. До періодичних скловарильних печей відносяться горшкові, а також невеликі ванні печі. Ці скловарильні печі застосовують для варіння спеціальних видів стекол (оптичного скла, кольорового, світлотехнічного скла, кришталю та інш.), виробництво яких проводиться в основному вручну. Горшкові скловарильні печі звичайно вміщують 6- 8 горщиків (вогнетримкі посудини із шамота, каоліну або кварцу місткістю від 100 до 1000 кг скломаси), рідше 12- 16 горщиків (при виробництві литтєвого скла). У процесі роботи піч нагрівають, в горщики засипають скля-



ний бій і шихту, скломасу варять до готовності, потім скло використовують, і процес поновлюється. Горшкові скловарильні печі вельми неекономічні (ККД близько 8%), але в них можна одночасно варити види скла різного складу, причому в горщиках порівняно легко здійснити перемішування і одержати однорідну скломасу, необхідну для виготовлення оптичного та ін. Скла. Більш економічні періодичні ванни – скловарильні печі, які переважно застосовують для варіння тугоплавких, кольорових та інших видів скла.

У безперервно діючих ваннах здійснюється варіння масового промислового скла (лишкове скло, тарне та ін.), що виконується машинним способом (склоформуюча машина). У таких скловарильних печах стадії варки протікають у певних зонах при подальшому переміщенні розплаву по довжині печі. Варильна частина печі об'єднує зони варіння, освітлювання і гомогенізації, вироблювальна - зони "студки" і вироблення. Конструкції ванн скловарильних печей розрізняються за напрямом полум'я (поперечне, підковоподібне і ін.), способом виділення варильної і вироблювальної частин у скляному розплаві (наприклад, плаваючих шамотних тіл) і способом розділення підведеного газового простору печі (зниження зведення, екран та ін.). Наприклад, для виробництва листового скла застосовують безперервно діючі ванні печі з поперечним полум'ям; довжина басейну – до 60 м, ширина – 10 м, глуб. до 1,5 м, басейн вміщує до 2,5 тис. т скломаси. Продуктивність безперервних ванн скловарильних печей до 300 т/доб і більше скломаси. Басейни ванних печей споруджують з вогнетривів.

#### ***Технологічна схема промислового виробництва скла***

Традиційна технологія промислового способу отримання скла складається з підготовки сировинних матеріалів; підготовки шихти; варіння скла; охолодження скломаси; формування виробів; їх відпал і обробка (термічна, хімічна або механічна). Потім скло піддають контролю якості, пакують і складають (рис. 4.1)

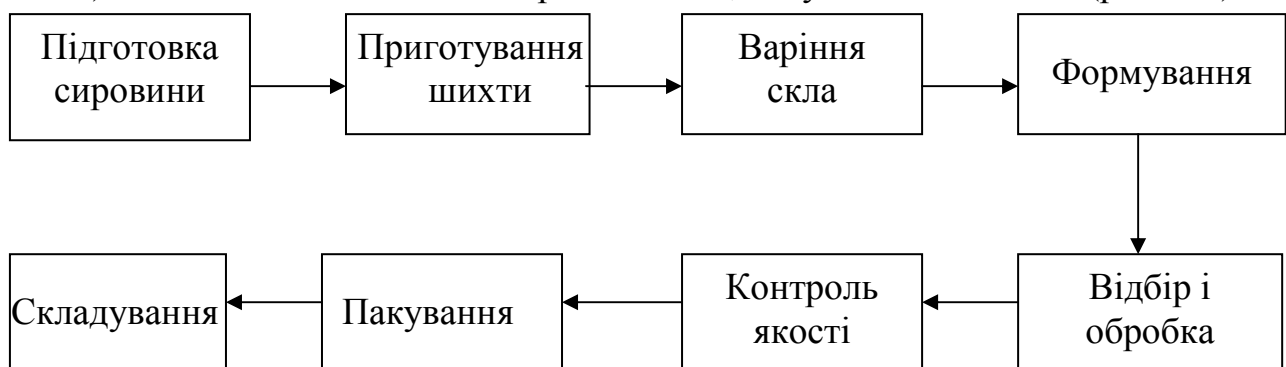


Рис. 4.1 – Типова технологічна схема промислового способу отримання скла

Таблиця 2 – Склад деяких промислових видів скла

Вид скла	Хімічний склад, %										
	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	BaO	PbO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>
Віконне	71,8	-	2	4,1	6,7	-	-	14,8	-	0,1	0,5
Тарне	71,5	-	3,3	3,2	5,2	-	-	16	-	0,6	0,2
Посудне	74	-	0,5	-	7,45	-	-	16	2	0,05	-
Кришталі	56,5	-	0,48	-	1	-	27	6	10	0,02	-
Хіміко- лабораторне	68,4	2,7	3,9	-	8,5	-	-	9,4	7,1	-	-
Оптичне	41,4	-	-	-	-	-	53,2	-	5,4	-	-
Кварцодне	96	3,5	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-
Електроколбачне	71,9	-	-	3,5	5,5	2	-	16,1	1	-	-
Електровакуумне	66,9	20,3	3,5	-	-	-	-	3,9	5,4	-	-
Медичне	73	4	4,5	1	7	-	-	8,5	2	-	-
Жаростійке	57,6	-	25	8	7,4	-	-	-	2	-	-
Термостійке	80,5	12	2	-	0,5	-	-	4	1	-	-
Термометричне	57,1	10,1	20,6	4,6	7,6	-	-	-	-	-	-
Захисне	12	-	-	-	-	-	86	-	2	-	-
Радіаційно-стійке	48,2	4	0,65	-	0,15	29,5	-	1	7,5	-	-
Скляне волокно	71	-	3	3	8	-	-	15	-	-	-

### ***Підготовка сировини***

Основну підготовку сировини для скла виконують безпосередньо на скло – варильних заводах. Цей процес включає наступні операції :

- змелення і подрібнення матеріалів, що потрапляють на завод у вигляді шматків (доломіт, вапняк та ін.)
- сушіння тих матеріалів, що потрапляють на завод вологими (пісок, доломіт, вапняк);
- просіювання всіх потрапляючих на завод матеріалів через сита необхідного розміру.

У тих випадках, коли пісок потрапляє зі збагачувальних фабрик, він піддається тільки просіюванню. Після просіювання всі сировинні матеріали подають в бункери зберігання підготовленої сировини, звідки вона потрапляє на дозування.

### ***Приготування скляної шихти***

Скляною шихтою називають однорідну суміш, попередньо підготовлених і взважених за заданим рецептом сировинних матеріалів.

У даний час на скляних заводах приготування шихти ведуться в механізованих цехах, в яких передбачається повний цикл операцій з підготовки і усереднення сировини, до складу яких входить склад сировини з приймальним павільйоном і дозаторно-змішувальне відділення. Останнє складається з витратних бункерів сировини, приміщення розподілу матеріалів з силосів (та інших місць зберігання) у витратні бункери в дозувально-змішувальній лінії. У склад такої лінії входять автоматичні ваги, змішувачі, транспортувальні пристрої і бункери зберігання шихти.

Важливими стадіями приготування скляної шихти є:

- дозування компонентів;
- змішування і зволоження шихти;
- введення скляного бою;
- контроль якості.

### ***Дозування компонентів скляної шихти***

Дозування компонентів шихти здійснюється дозаторами, які повинні забезпечити високу точність процесу в умовах його високої продуктивності, а також надійність роботи й гнучку переналадку.

Процес дозування в сучасних механізованих цехах здійснюється за трьома технологічними схемами:

- лінійне розташування дозаторів під витратними бункерами сировини з подачею відвісів на горизонтальний збірний транспортер;
- лінійне розташування витратних бункерів і проведення процесу дозування у ваги-візок ;
- баштове розташування витратних бункерів сировини і проведення процесу дозування усіх компонентів шихти за допомогою вагів.

Слід зазначити, що остання схема не знайшла застосування на вітчизняних заводах, тоді як за кордоном вона широко використовується.

### ***Змішування і зволоження скляної шихти***

Зважені відповідно до заданого складу компоненти шихти стрічковим конвейером подають у змішувач, розташований під зважувальною лінією.

Для перемішування зважених компонентів у світовій практиці застосовують наступне обладнання:

- змішувачі тарілкового типу з рухомою і нерухомою чашами;
- барабанні або конусні змішувачі грушовидної форми (бетономішалки) частіше всього з горизонтальною і нахиленою віссю обертання;
- безперервно діючі шнекові змішувачі;
- пневматичні змішувачі.

Найбільше розповсюдження у скляній промисловості отримали тарілкові змішувачі. Змішування матеріалів в них відбувається в кільцевому обсязі чаші за рахунок кругового обертання підгрібаючих і обертаючих лопастей з одночасним самостійним обертанням їх відносно внутрішньої поверхні кільцевої чаші.

Зволоження шихти виконують на стадії змішування для надання матеріалу вологості, яка змінюється в діапазоні 3,5-4,5%. При цьому нижня межа вологості обумовлена розшаруванням сухої шихти при її транспортуванні і завантаженні в піч, а верхня є оптимальною як для швидкості варіння шихти, так і з погляду утримання вологи в сипучому матеріалі. При більшій вологості шихти потрібна додаткова енергія на її випаровування і швидкість варіння при цьому знижується.

На скляних заводах застосовують наступні варіанти зволоження шихти:

- попереднє зволоження одного піску і наступна подача в змішувач інших компонентів;

- попереднє зволоження суміші піску з доломітом і наступна подача в змішувач інших компонентів;
- зволоження всієї шихти приблизно в середині процесу її змішування (саме цей метод отримав найбільше розповсюдження).

### ***Введення бою у скляну шихту***

Традиційно в скловарильну піч шихта подається зі скляним боєм у співвідношенні 75-85% шихти – 25-35% скляного бою. Однак за останні десять років ці пропорції на вітчизняних заводах суттєво змінилися, на сьогодні частка бою виросла до 30-50%, а іноді й більше.

Практикують декілька варіантів введення бою у шихту:

- змішування скляного бою з шихтою у змішувачах, для чого бой попередньо подрібнюють до розмірів шматків не більше 10-15 мм, що забезпечує необхідну текучість;
- створення шарів шихти і бою на стрічковому транспортері, звідки вони поступають в бункери завантажувачів, частково змішуючись при скиданні;
- змішування бою з шихтою в особливому змішувачі, який розташований поблизу завантажувального карману скловарильної печі (цей варіант широко застосовується в іноземних проектах);
- завантаження шихти на прошарок бою за допомогою роторних завантажувачів (цей варіант потребує складного механічного обладнання, що стримує його розповсюдження).

### ***Контроль якості скляної шихти***

Основними показниками якості скляної шихти є відповідність її заданому хімічному складу і хімічна однорідність.

Існує два варіанти контролю якості шихти: поточний і періодичний (табл.3).

Таблиця 3 – Порядок відбору проб шихти для контролю її якості

<b>Параметри контролю</b>	<b>Поточний контроль</b>	<b>Періодичний контроль</b>
Мета контролю	Перевірка відповідності шихти заданому рецепту	Перевірка роботи змішувача й однорідності шихти
Параметри, що контролюються	Сода, сума карбонатів кальцію і магнію, сума нерозчинних в HCl компонентів, сульфат натрію, волога	-
Місце відбору проби	На виході із змішувача, із витратних бункерів шихти, транспортер	Змішувач, вагонетка, бункер завантажувача, транспортер
Маса середньої проби, кг	До 10	2-10
Маса приватної проби, кг	0,2	0,2
Кількість приватних проб	4-6	До 10
Маса лабораторної проби, г	100	100

Відбір проб шихти на контрольні аналізи виконують після завершення процесу її змішування.

Найпрогресивним методом контролю шихти є рентгеноспектральний аналіз. Тільки цей метод дозволяє отримати інформацію про вміст у шихті окремих окислів з точністю 0,2-0,3% протягом 30 хв., тоді як проведення подібного аналізу хімічним методом може тривати від 45 хв. до 1,5 год.

### ***Варіння скла***

У загальному випадку під варіння скла розуміють термічний процес, в результаті якого суміш різнорідних компонентів утворюють однорідний розплав. Сутність процесу полягає в нагріванні шихти в печах різних конструкцій, в результаті чого вона перетворюється в рідку скломасу, витримуючи складні фізико-хімічні взаємодії компонентів, що відбуваються протягом значного часового інтервалу.

Розрізняють п'ять основних етапів варіння скла:

1) силікатоутворення, на стадії якого утворюються силікати та інші проміжні сполуки. Для видів скла звичайного складу цей етап завершується при температурі 950-1150 °С

2) склоутворення, в ході якого утворений на першому етапі спек при підвищенні температури розплавлюється, завершуються реакції силікатоутворення, а також відбувається взаємне розчинення силікатів. У розплаві силікатів протікає досить повільне розчинення залишкового кварцу, яке є головним змістом цього етапу. До моменту його закінчення утворюється прозорий неоднорідний за складом розплав, що містить багато пухирів. У загальному випадку етап склоутворення завершується при температурі 1200-1250 °С;

3) освітлення (дегазація), протягом якого з розплаву видаляються видимі газові домішки – великі й малі пухирці. Для звичайного скла етап завершується при 1500-1600 °С.

4) гомогенізація (усереднення) , на стадії якої відбувається усереднення розплава за складом і він стає хімічно однорідним. Важливо відзначити, що гомогенізація протікає одночасно з освітленням і в тому ж діапазоні температур;

5) студка (охолодження), в ході якої відбувається підготовка скломаси до формування, для чого температуру знижують до 300-400 °С , добиваючись тим самим необхідної в'язкості скла.

Розділення процесу скловаріння на п'ять етапів є умовним – в реальних промислових умовах вони накладаються один на одного. Тільки перший і п'ятий етапи розділені в печах часом і простором, тоді як перша і друга стадії скловаріння одночасно починаються і суміщаються до завершення склоутворення, а потім третій і четвертий етапи йдуть нерозривно.

### **Формування скла**

Процес формування скла є основною і найважливішою після скловаріння технологічною стадією, сукупність цих двох безпосередньо пов'язаних процесів визначають механізоване скляне виробництво, профіль його спеціалізації, технічний рівень і економічну ефективність.

Процес формування складається з двох етапів, що визначають його хід: деформування скломаси і її поступове затвердіння, яке розвивається і продовжується протягом всього формування.

### **Порядок виконання роботи:**

1. Одержати від викладача назву виду промислового скла.
2. Ознайомитися з основними стадіями виробництва промислового скла.
3. Визначити основні складові типу скла, вказаного викладачем.
4. Скласти технологічну схему виготовлення певного виду промислового скла.
5. Описати кожну операцію ув технологічній схемі виробництва виду скла.
6. Оформити звіт.

### **ЗАПИТАННЯ:**

1. З яких процесів складається виробництво скла? Опишіть кожний з процесів.
2. Які вимоги щодо компонентів, з яких виготовляється скло?
3. Яке обладнання і методи застосовують при виготовленні скла.?
4. Які компоненти були вибрані для виготовлення виду промислового скла, для якого була складена технологічна схема і чому?

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу  
«Технологія світлотехнічного виробництва» (для студентів 4 курсу денної і  
заочної форм навчання спец. 6.090600 – “Світлотехніка і джерела світла”)

**Укладачі:** Гліб Олександрович Петченко,  
Юлія Олегівна Васильєва,  
Олена Миколаївна Ляшенко

**Редактор:** М.З. Аляб'єв

Комп'ютерна верстка: Ю. П. Степась

План 2008, поз. 452 М.

Підп. до друку 11.06.08	Формат 60 x 84 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> .	Папір офісний.
Друк на ризографії.	Обл.- вид. арк. 1,1.	Умовн.-друк. арк. 1,6
Тираж 100 прим.	Замовл. №	

---

61002, м. Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

---

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ

61002, м. Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12